

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terkait

Penelitian yang dilakukan tidak terlepas dari hasil-hasil penelitian yang pernah dilakukan sebagai kajian dan bahan perbandingan. Adapun beberapa penelitian yang dijadikan perbandingan dan tidak terlepas dari topik penelitian yaitu mengenai penerapan *Deep Learning*, Kecelakaan pesawat, dan *Artificial Neural Network*. Berikut merupakan beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai topik tersebut :

##### 1. *A deep learning approach to flight delay prediction* [7]

Penelitian ini menyelidiki efektivitas model pembelajaran yang mendalam dalam tugas memprediksi keterlambatan transportasi udara. Dengan menggabungkan beberapa model berdasarkan paradigma pembelajaran yang mendalam, model prediksi yang akurat dan kuat telah dibangun yang memungkinkan analisis yang rumit dari pola dalam keterlambatan transportasi udara.

Latar belakan pada penelitian ini karena keterlambatan penerbangan dalam *National Airspace System* (NAS) menyebabkan sejumlah besar biaya menurut penelitian sebelumnya [8]. Pada tahun 2007, NAS menyumbang sekitar \$33 miliar sebagai biaya langsung dan tidak langsung kepada penumpang, maskapai penerbangan dan bagian lain dari NAS. Untuk mengurangi biaya yang terbuang, berbagai penelitian telah dilakukan untuk analisis dan prediksi keterlambatan lalu lintas udara. Berdasarkan analisis, strategi manajemen lalu lintas udara yang lebih efisien dapat ditetapkan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Deep Recurrent Neural Network*. LSTM memang disebutkan dalam penelitian ini namun tidak digunakan sebagai metode yang diterapkan menjadi model dalam penelitian ini. Untuk membuat model *deep RNN*, ada beberapa cara yang bisa dilakukan antara lain, *deep input-to-hidden*, *deep hidden-to-output*, *deep hidden-to-hidden transition* and *stacks of hidden states*. Masing-masing meningkatkan kemampuan model dengan cara yang berbeda. Pertama-tama, arsitektur *deep*

*input-to-hidden* memiliki efek *non-linear dimensionality reduction* dimana akan menampilkan factor yang mendasari variasi dari *original input*. Kedua, arsitektur *deep hidden-to-output* dapat berguna untuk menguraikan factor dari variasi dalam *hidden state*, hal ini dapat memudahkan dalam memprediksi output. Ketiga, arsitektur *deep hidden-to-hidden transition* memungkinkan RNN untuk mempelajari *highly nonlinear* dan *non-trivial transition* antara *consecutive hidden states*. Terakhir, *the stack of hidden states* memungkinkan suatu model untuk menangkap *state transitions* dari *timescales* yang berbeda.

Pada penelitian ini, *deep input-to-hidden function*, *deep hidden-to-output function* dan *stacked RNN* telah diterapkan. Dalam kasus tidak digunakannya *deep hidden-to-hidden transition* karena hal itu akan terlihat seperti duplikasi dari LSTM.

Tujuan dari pembuatan model ini ada dua tahap. Tahap yang pertama adalah untuk memprediksi *daily delay status* menggunakan *deep RNN*. Tahap yang kedua adalah untuk memprediksi *delay* dari masing-masing *individual flights* menggunakan *daily delay status* dimana output berasal dari tahap pertama, *historical ontime performance data* dan data cuaca. Untuk *training model*, dikumpulkan *historical on-time performance data* dari komersial maskapai penerbangan dan *historical weather data* dari 10 bandara terbesar di USA. Kemudian, *historical data* dibagi berdasarkan bandara agar *day-to-dat sequence* keberangkatan dan kedatangan penerbangan dari spesifik bandara dapat digunakan sebagai tahap pertama dari model tersebut. Dengan menghitung *hidden states sequentially*, *delay status* dari hari berikutnya dapat diprediksi sebagai output. Untuk tahap kedua, *daily status*, dimana didapatkan dari output tahap pertama, digunakan sebagai input model untuk memprediksi *delay* dari masing-masing *individual flights*.

Hasil yang didapatkan mencapai akurasi sekitar 90% untuk prediksi status keterlambatan sehari-hari. Ini berarti bahwa penelitian ini dapat memperoleh status keterlambatan yang cukup akurat untuk satu hari. Sedangkan untuk tahap kedua mendapan akurasi sebesar 87.42% dalam memprediksi *individual flight delay*.

Perbedaan penelitian ini dengan milik penulis adalah dataset yang digunakan namun berasal dari sumber badan penyedia dataset yang sama yaitu *TranStats by BTS (Bureau of Transportation)*. Metode yang digunakan yaitu *Long Short Term Memory & deep RNN*. Pada penelitian ini dijelaskan bahwa LSTM memiliki performa yang lebih baik dari data *sequence* yang panjang dibandingkan dengan RNN.

## 2. *Flight delay prediction for commercial air transport: A deep learning approach* [9]

Penelitian ini menganalisis *high-dimensional data* dari *Beijing International Airport* dan merepresentasikannya menjadi model prediksi penundaan penerbangan yang praktis dengan menggunakan pendekatan metode *Deep Learning*.

Hasil pengujian dengan 99,3% dari nilai prediksi berada dalam deviasi minimal berdasarkan dari data yang diamati, menyiratkan kinerja prediksi yang dapat diterima dan memenuhi persyaratan utama PEK (setidaknya 98% dari penundaan yang diperkirakan harus berada dalam deviasi 30 menit dari penundaan yang sebenarnya).

Perbedaan penelitian ini dengan milik penulis adalah *dataset* yang digunakan berbeda membahas hal yang sama dan juga menggunakan algoritma yang berbeda pula meskipun sama-sama menggunakan metode atau teknik *deep learning*, yaitu *deep belief Networks-support vector regression* pada penelitian ini dan *recurrent neural network* untuk penelitian yang dilakukan penulis.

## 3. *Characterization and prediction of air traffic delays* [10]

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memprediksi keterlambatan keberangkatan pada *link* tertentu atau di bandara tertentu, beberapa waktu di masa depan. Keterlambatan keberangkatan suatu *link* pada waktu  $t$  adalah perkiraan keterlambatan keberangkatan dari setiap penerbangan yang lepas landas pada waktu  $t$ , dan terbang di atas *link* itu. Dua jenis mekanisme prediksi dipertimbangkan: klasifikasi, di mana *output* adalah *binary prediction* dari apakah keterlambatan keberangkatan lebih atau kurang dari batas yang

telah ditentukan, dan regresi, di mana output kontinu adalah perkiraan keterlambatan keberangkatan di sepanjang *link*.

Baik model klasifikasi dan regresi ditemukan cukup kuat untuk meningkatkan *forecast horizon*: Kesalahan tes median regresi (rata-rata di antara 100 pasangan OD) hanya meningkat dari 19,1 menit menjadi 27,4 menit ketika *forecast horizon* meningkat dari 2 jam menjadi 24 h.

Perbedaan penelitian ini dengan milik penulis adalah dataset yang digunakan berbeda dan metode yang digunakanpun berbeda.

#### **4. *Prediction of weather-induced airline delays based on machine learning algorithms* [11]**

Tujuan utama dari model yang diusulkan dalam penelitian ini adalah untuk memprediksi keterlambatan maskapai yang disebabkan oleh kondisi cuaca buruk menggunakan *data mining* dan algoritma *supervised machine learning*. Data penerbangan domestik AS dan data cuaca dari 2005 hingga 2015 diekstraksi dan digunakan untuk melatih model.

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah mampu memprediksi keterlambatan maskapai yang disebabkan oleh kondisi cuaca dengan akurasi pada setiap metode antara lain: 80% akurasi pada *Random Forest*, 71% akurasi pada *AdaBoost*, 35% akurasi pada KNN dan 64% akurasi pada *Decision trees*.

Perbedaan penelitian ini dengan milik penulis adalah dataset yang digunakan namun bersumber pada sumber badan penyedia dataset yang sama yaitu *TranStats by BTS (Bureau of Transportation)*. Metode yang digunakan juga berbeda, pada penelitian ini digunakan *random forest*, *adaboost*, KNN, *decision trees* sedangkan pada penelitian penulis menggunakan metode *long short term memory*.

Tabel 2.1 Penelitian Terkait

No	Judul	Penulis	Tahun	Metode	Isi	Perbandingan dengan penelitian yang dilakukan
1	<i>Flight delay prediction for commercial air transport: A deep learning approach</i>	Bin Yu, Zhen Guo, Sobhan Asian, Huaizhu Wang, Gang Chen	2019	<i>deep belief network, Support vector regression (DBN-SVR)</i>	Penelitian ini melakukan <i>flight delay prediction</i> menggunakan pendekatan <i>deep learning</i>	<i>Dataset</i> dan algoritma yang digunakan berbeda
2	<i>A deep learning approach to flight delay prediction</i>	Young Jin Kim, Sun Choi, Simon Briceno, Dimitri Mavris	2016	<i>Long Short Term Memory, Deep Recurrent Neural Network</i>	Penelitian ini menyelidiki efektivitas model pembelajaran yang mendalam dalam tugas memprediksi keterlambatan transportasi udara.	<i>Dataset</i> yang digunakan berbeda namun bersumber dari sumber badan penyedia dataset yang sama.

No	Judul	Penulis	Tahun	Metode	Isi	Perbandingan dengan penelitian yang dilakukan
3	Characterization and prediction of air traffic delays	Juan Jose Rebollo, Hamsa Balakrishnan	2014	<i>Random Forest</i>	Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memprediksi keterlambatan keberangkatan pada <i>link</i> tertentu atau di bandara tertentu, beberapa waktu di masa depan.	<i>dataset</i> dan algoritma yang digunakan berbeda
4	<i>Prediction of weather-induced airline delays based on machine learning algorithms</i>	Sun Choi, Young Jin Kim, Simon Briceno, Dimitri Mavris	2016	<i>random forest, adaboost, KNN, decision trees</i>	Tujuan utama dari model yang diusulkan dalam penelitian ini adalah untuk memprediksi keterlambatan maskapai yang disebabkan oleh kondisi cuaca buruk menggunakan <i>data mining</i> dan algoritma <i>supervised machine learning</i> . Data penerbangan domestik AS dan data cuaca dari 2005 hingga 2015 diekstraksi dan digunakan untuk melatih model.	<i>dataset</i> dan metode yang digunakan berbeda

## 2.2. Dasar Teori

Dalam pembuatan laporan tugas akhir ini digunakan sejumlah teori yang diperlukan untuk menunjang kegiatan yang dilakukan. Berikut adalah beberapa definisi yang berkaitan dengan penelitian ini.

### 2.1.1. Penerbangan

Penerbangan adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas pemanfaatan wilayah udara, pesawat udara, bandar udara, angkutan udara, navigasi penerbangan, keselamatan dan keamanan, lingkungan hidup, serta fasilitas penunjang dan fasilitas umum lainnya [1]. Menurut UU Penerbangan No. 1 tahun 2009, Angkutan Udara adalah setiap kegiatan dengan menggunakan pesawat udara untuk mengangkut penumpang, kargo, dan/atau pos untuk satu perjalanan atau lebih dari satu bandar udara ke bandar udara yang lain atau beberapa bandar udara[12].

### 2.1.2. *Flight Delay* (Penundaan Penerbangan)

Penundaan Penerbangan adalah terjadinya perbedaan waktu antara waktu keberangkatan atau kedatangan yang dijadwalkan dengan realisasi waktu keberangkatan atau kedatangan. Faktor yang menyebabkan keterlambatan penerbangan meliputi [13]:

- Faktor manajemen *airline*;
- Faktor teknis Operasional;
- Faktor cuaca;
- Faktor Lain-lain

### 2.1.3. Prediksi

Prediksi adalah suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang sesuatu yang paling mungkin terjadi di masa depan berdasarkan informasi masa lalu dan sekarang yang dimiliki, agar kesalahannya (selisih antara sesuatu yang terjadi dengan hasil perkiraan) dapat diperkecil dan akurasinya meningkat. Prediksi merupakan proses yang berkaitan dengan kemampuan untuk memprediksi tanggapan terbaik (*output*) yang paling dekat dengan kenyataan berdasarkan input data. Dengan demikian, semakin kecil perbedaan antara apa yang diharapkan

terjadi (hasil yang diharapkan) dan apa yang sebenarnya terjadi (hasil yang diamati), semakin baik [14].

#### 2.1.4. *Artificial Intelligence*

*Artificial Intelligence* (AI) adalah teknik yang digunakan untuk meniru kecerdasan yang dimiliki oleh makhluk hidup maupun benda mati untuk menyelesaikan sebuah persoalan. Untuk melakukan hal ini, setidaknya ada tiga metode yang dikembangkan.

1. *Fuzzy Logic* (FL). Teknik ini digunakan oleh mesin untuk mengadaptasi bagaimana makhluk hidup menyesuaikan kondisi dengan memberikan keputusan yang tidak kaku 0 atau 1. Sehingga dimunculkan sistem logika fuzzy yang tidak kaku.
2. *Evolutionary Computing* (EC). Pendekatan ini menggunakan skema evolusi yang menggunakan jumlah individu yang banyak dan memberikan sebuah ujian untuk menyeleksi individu terbaik untuk membangkitkan generasi selanjutnya.
3. *Machine Learning* (ML) atau pembelajaran mesin merupakan teknik yang paling populer karena banyak digunakan untuk menggantikan atau menirukan perilaku manusia untuk menyelesaikan masalah [15].

#### 2.1.5. *Machine Learning*

*Machine Learning* (ML) merupakan algoritma yang dapat belajar berdasarkan data [16]. Tapi apa yang dimaksud dengan belajar atau sering disebut dengan *training*? Data *training* dilakukan dengan memproses data yang ada lalu mempelajarinya dan kemudian digunakan untuk melakukan prediksi data baru yang dimasukkan dalam proses data *testing*. Banyak jenis tugas dapat diselesaikan dengan pembelajaran mesin. Beberapa tugas *machine learning* yang paling umum meliputi yang berikut:

1. *Classification*, pada tipe tugas ini, program komputer diminta untuk menentukan termasuk pada bagian mana kategori  $k$  dari beberapa *input*.
2. *Regression*, pada tipe tugas ini, program komputer diminta untuk memprediksi nilai numerik yang diberikan beberapa *input*.

3. *Transcription*, dalam jenis tugas ini, sistem *machine learning* diminta untuk mengamati representasi yang relatif tidak terstruktur dari beberapa jenis data dan mentranskripsikan informasi tersebut ke dalam bentuk tekstual diskrit..
4. *Machine translator*, dalam tugas *machine translator*, *input* sudah terdiri dari urutan simbol dalam beberapa bahasa, dan program komputer harus mengubahnya menjadi urutan simbol dalam bahasa lain.
5. *Structured output*, tugas *structured output* melibatkan tugas apa pun di mana output adalah vektor (atau struktur data lain yang mengandung banyak nilai) dengan hubungan penting antara elemen yang berbeda.
6. *Anomaly detection*, dalam jenis tugas ini, program komputer menyaring serangkaian peristiwa atau objek dan menyatakan beberapa di antaranya sebagai tidak biasa.

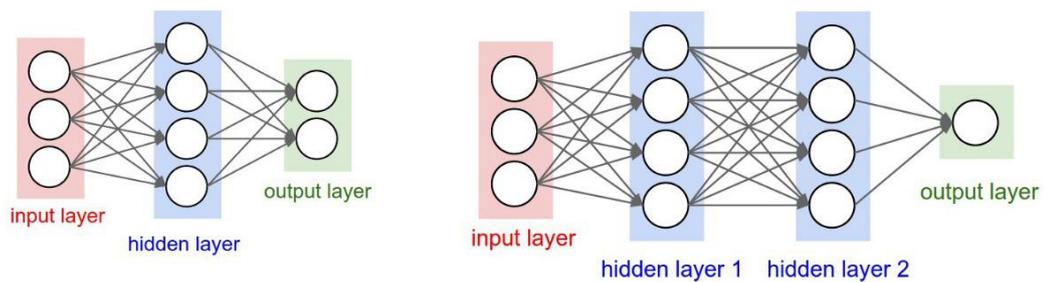
Klasifikasi adalah metode dalam *machine learning* yang bertujuan untuk memilah atau membagi obyek berdasarkan fitur tertentu sebagaimana manusia saat membedakan benda satu dengan yang lain. Sedangkan prediksi atau regresi digunakan oleh mesin untuk menebak *output* dari data *input* berdasarkan data yang sudah dipelajari dalam *training*. Beberapa contoh metode *machine learning* yang paling populer antara lain:

1. *Decision Support Systems* (DSS) adalah sebuah sistem yang mampu memberikan kemampuan pemecahan masalah maupun kemampuan pengkomunikasian untuk masalah dengan kondisi semi terstruktur dan tak terstruktur.
2. *Support Vector Machine* (SVM) adalah metode *learning machine* yang bekerja atas prinsip *Structural Risk Minimization* (SRM) dengan tujuan menemukan hyperplane terbaik yang memisahkan dua buah class pada input space.
3. *Neural Network* adalah teknik dalam *machine learning* yang menirukan syaraf manusia yang merupakan bagian fundamental dari otak.

#### **2.1.6. Neural Network**

Jaringan Syaraf Tiruan atau *Artificial Neural Network* (NN) adalah teknik dalam ML yang menirukan syaraf manusia yang merupakan bagian fundamental

dari otak. NN terdiri atas lapis masukan (*input layer*) dan lapis keluaran (*output layer*). Setiap lapis terdiri atas satu atau beberapa unit neuron yang mempunyai sebuah fungsi aktivasi yang menentukan keluaran dari unit tersebut. *Hidden layer* dapat ditambahkan untuk menambah kemampuan dari NN tersebut. Model NN biasa disebut dengan *Multilayer Perceptron* atau sebuah *machine learning* dengan jumlah neuron lebih dari satu.



Gambar 2. 1 *Multilayer Perceptron Architecture*

Pada Gambar 2. 1 ditampilkan perbedaan *perceptron* biasa dengan *multilayer perceptron*. Perbedaannya adalah *perceptron* biasa hanya memiliki satu *hidden layer* saja untuk memproses data, sedangkan *multilayer perceptron* memiliki lebih dari satu atau minimal dua *hidden layer* untuk memproses data. Hal ini dapat meningkatkan efektifitas dari *multilayer perceptron* itu sendiri.

NN bisa dilatih dengan menggunakan data *training*. Semakin banyak data *training* maka akan semakin bagus unjuk kerja dari NN tersebut. Namun, kemampuan NN juga terbatas pada jumlah lapisan, semakin banyak jumlah lapisan semakin tinggi kapasitas NN tersebut. Semakin banyak lapisan juga membawa kekurangan yaitu semakin banyaknya jumlah iterasi atau training yang dibutuhkan. Untuk mengatasi hal ini, dikembangkanlah teknik *Deep Learning*[15].

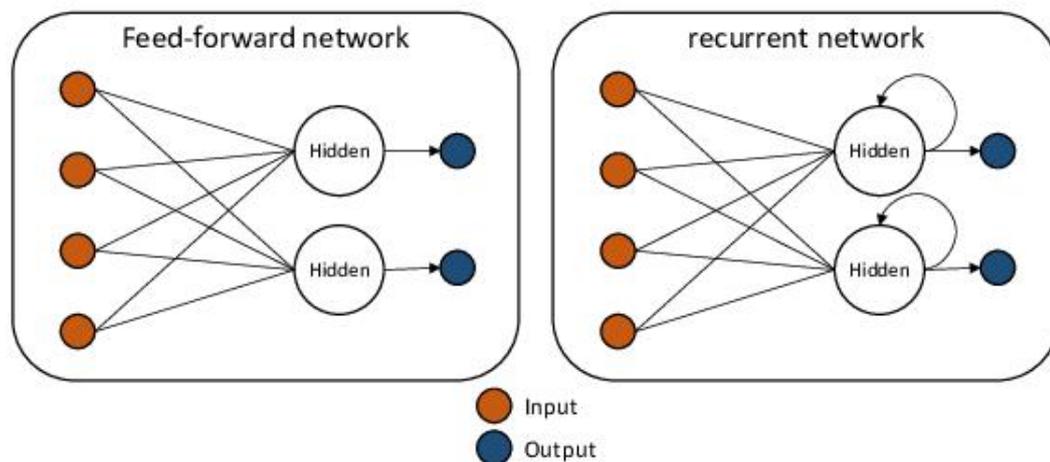
### 2.1.7. *Deep Learning*

*Deep Learning* (DL) adalah teknik dalam NN yang menggunakan teknik tertentu seperti *Restricted Boltzmann Machine* (RBM) untuk mempercepat proses pembelajaran dalam NN yang menggunakan lapis yang banyak atau lebih dari 7 lapis. Dengan adanya DL, waktu yang dibutuhkan untuk training akan semakin

sedikit karena masalah hilangnya gradien pada propagasi balik akan semakin rendah. Beberapa jenis DL antara lain *Deep Auto Encoder*, *Deep Belief Nets*, *Convolutional Neural Network*, *Recurrent Neural Network*, dan lain lain[15].

### 2.1.8. Recurrent Neural Network

*Recurrent Neural Network* merupakan jenis dari *deep learning* yang pemrosesannya dipanggil berulang-ulang untuk memproses *input* berupa data sekuensial. *Recurrent Neural Network* biasa digunakan pada Natural Language Processing yaitu bagian dari *Artificial Intelligence* yang berhubungan dengan interaksi antara komputer dan manusia menggunakan bahasa alami manusia. Inti dari NLP adalah membaca, menguraikan, dan memahami bahasa manusia dengan cara yang dapat dinilai. NLP banyak diterapkan di berbagai bidang, antara lain *language translator* (google translate), *Word Processors* (Grammarly & Microsoft Word), *Interactive Voice Response* (IVR), *Personal assistant applications* (OK Google, Siri, Cortana).



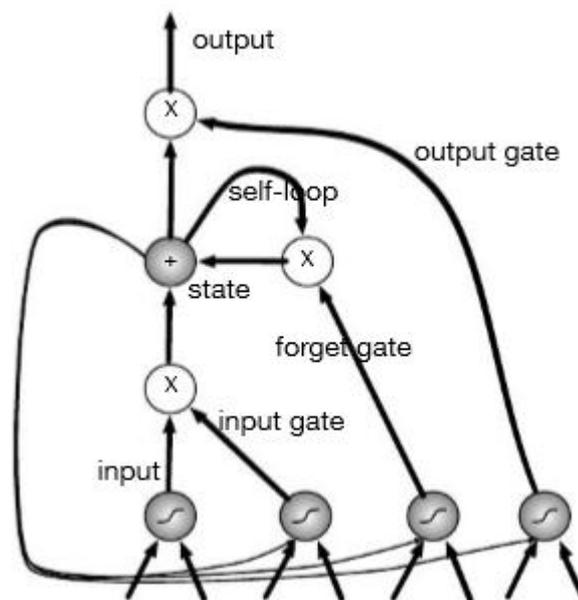
Gambar 2. 2 Recurrent neural network

Pada Gambar 2. 2, terlihat perbedaan yang jelas dari *feed-forward network* dengan *recurrent neural network*. Perbedaan yang sangat jelas terlihat yaitu dalam *feed-forward network* data akan diolah ke dalam *hidden layer* kemudian akan menghasilkan *output* setelah diproses, sedangkan pada *recurrent neural network* data diolah dalam *hidden layer* kemudian hasil yang keluar dari *hidden layer* tersebut akan menjadi atribut tambahan yang akan mempengaruhi *input*

selanjutnya. Dalam *recurrent neural network* juga sangat memperhatikan keterhubungan data dari awal hingga akhir atau *time series data*.

### 2.1.9. Long Short-term Memory (LSTM)

LSTM merupakan jaringan saraf (RNN). Seperti halnya jaringan RNNs, lainnya, LSTM bersifat universal dengan kata lain LSTM memberikan unit jaringan cukup untuk dapat menghitung apakah komputer konvensional bisa menghitung, asalkan memiliki *weight matrix* yang tepat, yang dapat dilihat sebagai program. Tidak seperti RNNs tradisional, jaringan LSTM cocok untuk belajar dari pengalaman untuk mengklasifikasikan, proses dan memprediksi data *time series* ketika rentan waktunya sangat lama dari ukuran yang diketahui dengan kejadian yang penting. Ini adalah salah satu alasan utama mengapa LSTM menjadi alternatif dari RNNs dan *Hidden Markov Model* dan metode pembelajaran urutan lainnya dalam berbagai aplikasi. Misalnya, LSTM mencapai hasil terbaik dikenal di *handwriting recognition unsegmented*, dan pada tahun 2009 memenangkan kompetisi tulisan tangan ICDAR. Jaringan LSTM juga telah digunakan untuk *automatic speech recognition*, dan komponen utama dari jaringan yang pada tahun 2013 mencapai 17,7% tingkat *phoneme error* pada TIMIT classic TIMIT natural speech dataset[17].



Gambar 2. 3 Blok Diagram LSTM

Ide dasar mengondisikan *the forgetting* atau melupakan sesuai dengan konteks merupakan inti dari algoritma *Long Short Term Memory*. Tujuan utamanya adalah untuk selalu menerapkan *linear self-loop* yang mana gradient dapat berjalan di durasi yang lama.

Blok diagram "sel" LSTM Recurrent Networks pada Gambar 2. 3. Sel terhubung secara berulang-ulang satu sama lain, menggantikan *hidden units* yang biasa dari *recurrent networks*. Fitur input dihitung dengan *regular artificial neuron unit*, dan nilainya dapat diakumulasikan ke dalam keadaan jika gerbang input sigmoidal memungkinkannya. *State unit* memiliki *linear self-loop* dengan *weight* dikendalikan oleh *forget gate*. Output sel dapat ditutup oleh *output gate*. Semua *gating units* memiliki *sigmoid non-linearity*, sedangkan *input unit* dapat memiliki *squashing non-linearity*. *State unit* juga dapat digunakan sebagai input tambahan di *gating units*.

Dari pada menerapkan unit dengan *squashing function* di *inputs* dan *recurrent units*, LSTM networks memiliki LSTM cell. Setiap cell memiliki input dan output yang sama dengan *vanilla recurrent network*, namun memiliki parameter dan *gating units system* yang mengontrol aliran dari informasi. Komponen paling penting dari LSTM adalah *state units* yang memiliki *linear self-loop* dimana *self-loop weight* dikontrol oleh *forget gatg unit* [16].

#### 2.1.10. Python Programming Language



Gambar 2. 4 Python

Gambar 2. 4 diatas merupakan logo dari *python programming language* itu sendiri. *Python* adalah salah satu bahasa pemograman tingkat tinggi yang

bersifat interpreter, interactive, objectoriented, dan dapat beroperasi hampir di semua platform: Mac, Linux, dan Windows. Python termasuk bahasa pemrograman yang mudah dipelajari karena sintaks yang jelas, dapat dikombinasikan dengan penggunaan modul-modul siap pakai, dan struktur data tingkat tinggi yang efisien.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *python* dengan bantuan *framework* atau modul yang ada untuk *python*. *Framework* (modul/package) merupakan sebuah kerangka kerja yang digunakan untuk mempermudah para developer *software* dalam membuat dan mengembangkan aplikasi. *Framework* berisikan perintah dan fungsi dasar yang umum digunakan untuk membangun sebuah *software* aplikasi sehingga diharapkan aplikasi dapat dibangun dengan lebih cepat serta tersusun dan terstruktur dengan cukup rapi.